

VII-48

河川中流域における窒素変換の評価

石巻専修大学理工学部 正員 高崎みつる

小林 繁信

阿部 利治

1. 目的

窒素の問題は、地下水中の硝酸態窒素濃度増加から飲用水健康障害への危惧、陸域から沿岸域への過剰な窒素供給が原因となる海水中栄養塩比率の変化とそれに伴う海の生態系の変化などが挙げられる。首都圏など人口の集中した一部地域を除く多くの地方で、窒素過剰の主な原因は農地や畜産由来の肥料／飼料に依存している。これは、流域からの窒素負荷を廃水处理などの施設によって解決しようとする考え方と反する現実といえるだろう。河川の自浄作用は有機物や無機態窒素変換に対しては多くの研究されているが、窒素除去までを対象とした検討例は少ない。また、河川での硝酸態窒素がトレーサー的な見方をされていることから分かるように、河川流下過程で基本的に脱窒は進まないと考えられている。しかしもし河川中で窒素除去が進行していれば、そのような条件は河川環境にとって大切なものとなるだろうし、広い範囲の流域からくる窒素負荷に対して有効な対策を考えていくこともできる。そこで、河川中流域での窒素変換がどのような場所でどう進行しているか確認し、その特徴を明らかにする為に調査を行った。

2. 調査対象河川と調査方法

調査対象は宮城県北部から中部を流れる一級河川鳴瀬川と吉田川である。調査地点の鳴瀬川鹿島台町木間塚～鳴瀬町堰上間は距離 8km 河床勾配 1/2850 で底質は砂となっていた。鳴瀬川小野田町上野目～味ヶ袋～水沼橋間の距離は各々 875、1000m 河床勾配 1/80、1/217 である。この区間の河床は礫と岩が占め岸近くにはわずかに細砂やヨシ原、ヘドロが認められた。吉田川大郷町粕川から中筒までの距離は 1400m 河床勾配 1/3500 で底質は砂となっていたが岸近くはヘドロの箇所も見られた。調査対象とした地点の上流下流間には支川流入が無く、樋門／樋管流入による影響がある場合には流量と水質測定を行なった。河川断面の流量測定にはプロベラ流速計を用い、流量測定断面ピッチの決定は観測河床と流れの状態により 1m～4m の間で行なった。採水は基本的に流心で行ない、その場で pH、電気伝導度、水温を測定した。

なお、鳴瀬川小野田町上野目～味ヶ袋～水沼橋間の調査と吉田川大郷町粕川～中筒調査時には、上流側流量測定時に下流ポイントまでのおよその流達時間を考慮した時間差で採水を行なった。下流側採水は予想した流達時間を挟んだ前後 20 分間に 3 回行ない、コンポジットサンプリングとしている。

栄養塩分析試料は採水後ただちにろ過を行ない、氷温保存で研究室に運んだ後分析に供した。栄養塩の分析には TRAACS2000 を用いた。

3. 調査結果と考察

河床が砂となっていた鳴瀬川鹿島台町木間塚～鳴瀬町堰上間は調査時に樋門から流入が無かった。この間は流達時間を考慮した採水は行なわず、春から夏にかけて合計 9 回の観測を行なった。観測結果のうち、調査地点を流下する間の窒素濃度変化から窒素濃度の流下に伴う減少を認められたのは、9 回の測定時のなかで無機態総窒素（以下 TIN と記す）2 回、溶存態総窒素（以下 DTN と記す）3 回となっていた。このように流下に伴う窒素濃度の変化傾向は明確に表れず、TIN の上流から下流への流下に伴って、濃度平均値では上流側 0.56mg/l 下流側 0.59mg/l、（標準偏差：上流側 0.13 下流側 0.14）となっていた。DTN では

平均で上流側 0.90mg/l 下流側 1.01mg/l (標準偏差: 上流側 0.23 下流側 0.18) で、流下に伴う増加と減少のばらつきは大きかった。TIN の流下に伴う変化は殆ど見られず、トレーサ的な扱いができたこととした定説に従うものだったが、DTN では下流側が上流に比べて大きくなっていた。この結果から、河川流下過程で有機物分解に伴う窒素の変化は常に起こっていて、決して窒素の変化が起こらない訳ではないこと、またこの傾向は窒素全体 (DTN) に良く表れているが、TIN では見かけの変化が小さいことが示された。DTN の増加が起こり、TIN はそれほど変化していないことは有機物分解⇒有機体窒素増加⇒無機態窒素増加まで一連の窒素変換が見掛け上途中で停まっている、または逐次的な反応で表れる TIN の集積が起こらないことになる。これは可能性として流下過程のどこかで脱窒が起こっている可能性につながる結果と見ることもできるだろう。

鳴瀬川小野田町上野目～味ヶ袋～水沼橋間の調査は夏から冬にかけ 5 回行なった。調査上流点から下流点までの窒素変化は水温が 15℃以上の 3 回の調査時の内 DTN 減少は 2 回 2 地点間に見られ、DTN 増加は 3 回 4 地点間で観測された。また TIN の減少は 2 回 4 地点で、増加は 1 回 2 地点で見られた。DTN が増加していく区間でも TIN 減少は見られる例もあった。このような例からは、河床が礫や石となっていてそれらに付着生物膜が付いた状態の対象区間では、本質的には窒素除去がおこなっているが、流水中や河床の未分解有機物からの有機体窒素の供給速度、有機体窒素から無機態窒素への変換速度、河床での脱窒速度が組み合わされて見掛けの窒素挙動を支配していると考えられる。見掛けの窒素除去はその時々で変化していることになる。調査からこの間を流下する間に見掛け上の脱窒 (上流側 DTN-下流側 DTN) 率は最大でおよそ 80% になっていた例が観察されている。また、水温が 10℃以下と低くなくても DTN、TIN の減少は観察された。この区間は距離が短く流速時間も短かったがこのような結果は滞留時間が 1 時間程度の接触酸化処理で見られる窒素の減少と比べても大きいとみなせる。このような結果が示されたことから、礫や岩石の河床区間は十分な脱窒能を持っていると評価できた。

吉田川大郷町粕川～中筒の調査は水温の低くなった 11 月、12 月の 2 回行なった。結果は DTN の減少で約 20%、TIN 減少はほとんど見られずとなった。この区間は岸にヨシが繁茂し、岸に近い所にはヘドロ状シルトが堆積している箇所でもある (ただし、調査時にヨシは流水中に浸漬していなかった)。そこで流心と岸に近い流れの穏やかな箇所それぞれ採水し窒素濃度を比べたところ流心 DTN: 1.574mg/l (11 月)、1.71mg/l (12 月)、岸近く DTN: 1.195mg/l (11 月)、1.075mg/l (12 月) と岸近くで 24~37% の減少となっていた。しかし、岸近くで TIN は流心より微増傾向をしていた。砂状の河床表面には掃流による浮遊砂が見られた。このようなところでは脱窒に必要な嫌氣的雰囲気形成されていると考えづらい。従ってこの区間の脱窒は岸近くのシルト／ヘドロ状になっているところで進んだと考えられる。岸近くでは TIN が微増していたが、これは流れの緩やかな岸近くに運ばれ沈澱した SS 分解に伴う DTN 供給やそれに次ぐアンモニア性窒素生成が起こった為であろう。

調査時の水温 11 月約 8℃、12 月約 3℃と低かった。この調査時の微生物活性は夏期に比べかなり低下していたことは間違いはないだろう。下水処理の曝気槽中生物層では処理水温 15℃以下でほとんど硝化が起こらないといった報告がある。これらを考え合わせると、吉田川の調査時に観察された窒素除去はこれまでの温度依存性と異なった結果を示している可能性が大きいと見ることができた。

4. おわりに

河川流下過程に窒素の減少が起こるかを検討する為に、フィールド調査を行なった。対象としたフィールドは砂河床、礫／石、岩河床、砂河床で岸近くがシルト／ヘドロ状となっている箇所である。

砂河床では河川流下過程の窒素除去は見掛け上見られなかった。礫／石、岩河床の区間と岸近くのシルト／ヘドロ状の区間では、窒素除去が活発に起こっている傾向が見られた。また低水温時にも窒素除去機能が発現していたことは面白い結果と言えるだろう。